·监测·

2005-2018年我国七大区域居民全谷物摄入不足对2型糖尿病死亡归因风险趋势研究

连怡遥[1,2] 房玥晖[1,2] 何宇纳[1,2] 殷鹏[3] 赵振平[4] 方柯红[5]

[1]中国疾病预防控制中心营养与健康所营养流行病学室,北京 100050;[2]国家卫健委微量元素与营养重点实验室,北京 100050;[3]中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心生命登记与死因监测室,北京 100050;[4]中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心慢病危险因素监测室/老年健康室,北京 100050;[5]杭州市疾病预防控制中心健康危险因素监测所,杭州 310021

通信作者:何宇纳,Email:heyn@ninh.chinacdc.cn

【摘要】 **目的** 估计我国七大区域2005-2018年全谷物摄入水平及摄入不足导致2型糖尿病(T2DM)死亡归因风险及变化趋势。**方法** 利用中国居民营养与健康状况监测、中国成人慢性病与营养监测数据,采用普通克里金插值结合局部加权回归法,估计2005-2018年我国居民全谷物摄入水平;采用2017全球疾病负担研究结果以及中国死因监测数据,计算我国不同区域不同性别≥20岁人群全谷物摄入不足对T2DM死亡的人群归因分值(PAF)、归因死亡人数和归因死亡率,并利用2010年中国人口普查数据进行标化,比较我国七大区域归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡变化。**结果** 2002、2010和2015年我国≥20岁人群全谷物摄入水平依次为19.0、14.3和19.8 g/d。2018年估计的我国居民全谷物摄入水平为20.1 g/d,其中男性为19.4 g/d,女性为20.8 g/d,七大区域中,华北地区最高(47.4 g/d),西南地区最低(6.0 g/d)。2018年我国华北地区T2DM的PAF最低,西南地区最高,分别为12.8%和19.3%。2005-2018年七大区域PAF变化不同,东北地区PAF在18.5%左右波动;其他地区均呈现下降趋势,华北和西北地区呈现明显的下降趋势,分别下降26.4%和21.2%。14年间,七大区域T2DM归因死亡人数均呈现上升趋势,华南地区年平均增长率最高(6.7%),华北地区最低(2.4%)。2018年,我国居民全谷物摄入不足的T2DM标化归因死亡率为3.13/10万,其中,男性为3.21/10万,女性为3.05/10万;西南地区标化归因死亡率最高(3.97/10万),华北地区标化归因死亡率最低(1.78/10万)。2005-2018年我国男性T2DM标化归因死亡率上升了11.5%,女性下降了8.1%;西南、华南和华中地区依次上升23.7%、21.3%和4.2%,华北、西北、华东和东北地区依次下降20.9%、11.0%、4.5%和3.9%。**结论** 我国居民全谷物摄入水平较低,七大区域均应提高居民全谷物的摄入,尤其是西南地区,男性较女性更应增加全谷物摄入,以减少T2DM患者死亡风险。

【关键词】 全谷物; 糖尿病,2型; 死亡负担; 地理分布

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC1315303)

Risk for type 2 diabetes mellitus death attributed to insufficient whole grain intake in seven regions of China, 2005-2018

Lian Yiyao[1,2], Fang Yuehui[1,2], He Yuna[1,2], Yin Peng[3], Zhao Zhenping[4], Fang Kehong[5]

[1]National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; [2]Key Laboratory of Trace Element Nutrition, National Health Commission of the

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20220610-00515

收稿日期 2022-06-10 **本文编辑** 张婧

引用格式:连怡遥, 房玥晖, 何宇纳, 等. 2005-2018年我国七大区域居民全谷物摄入不足对2型糖尿病死亡归因风险趋势研究[J]. 中华流行病学杂志, 2023, 44(3): 415-421. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20220610-00515.

Lian YY, Fang YH, He YN, et al. Risk for type 2 diabetes mellitus death attributed to insufficient whole grain intake in seven regions of China, 2005-2018[J]. Chin J Epidemiol, 2023, 44(3):415-421. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20220610-00515.

People's Republic of China, Beijing 100050, China; [3]Division of Vital Registry and Mortality Surveillance, National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; [4]Division of Non-communicable Disease Risk Factor Surveillance/Division of Elderly Health, National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; [5]Institute for Health Risk Factor Monitoring, Hangzhou Municipal Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou 310021, China

Corresponding author: He Yuna, Email: heyn@ninh.chinacdc.cn

【**Abstract**】 **Objective** To estimate the risk for type 2 diabetes mellitus (T2DM) death attributed to insufficient whole grain intake in seven regions of China from 2005 to 2018. **Methods** Based on China National Nutrition and Health Surveys and China Adult Chronic Disease and Nutrition Surveillance, ordinary Kriging method and locally weighted regression were used to estimate the level of whole grain intake of Chinese residents from 2005 to 2018. Based on the results of the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study (GBD) 2019 and Chronic Diseases Risk Factors Surveillance in China, we calculated the population attributable fraction (PAF), attributable death number and attributable mortality rate of T2DM due to insufficient whole grain intake in people aged ⩾20 years in different regions of China, and we used the 2010 Chinese census data to compare the changes in T2DM deaths attributed to insufficient intake of whole grains in seven regions of China. **Results** The whole grain intake levels of Chinese people over 20 years old in 2002, 2010 and 2015 were 19.0 g/d, 14.3 g/d and 19.8 g/d, respectively. The estimated overall whole grain intake level was 20.1 g/d in Chinese residents in 2018, and the intake level was 19.4 g/d in men and 20.8 g/d in women. Among the seven regions, the intake level was highest in northern China (47.4 g/d) and lowest in southwestern China (6.0 g/d). In 2018, the PAF was lowest in northern China (12.8%) and highest in southwestern China (19.3%). From 2005 to 2018, the PAF varied in the seven regions, and the PAF in northeastern China fluctuated around 18.5%. Other regions showed downward trends, especially in northern China and northwestern China, decreased by 26.4% and 21.2%, respectively. Over the past 14 years, the number of attributable deaths in the seven regions showed upward trends, with the highest annual average growth rate of 6.7% in southern China and the lowest annual average growth rate of 2.4% in northern China. In 2018, the standardized T2DM mortality rate attributed to insufficient whole grain intake in China was 3.13/100 000, and the attributable mortality was 3.21/100 000 in men and 3.05/100 000 in women. The standardized attributable mortality rate was highest in southwestern China (3.97/100 000) and lowest in northern China (1.78/100 000). From 2005 to 2018, the standardized attributable mortality rate increased by 11.5% in men and decreased by 8.1% in women. The standardized attributable mortality rate in southwestern, southern and central China increased by 23.7%, 21.3% and 4.2%, respectively. The standardized attributable mortality rate in northern, northwestern, eastern and northeastern China decreased by 20.9%, 11.0%, 4.5% and 3.9%, respectively. **Conclusion** The whole grain intake level of Chinese residents was low, and the whole grain intake of residents in all seven regions should be increased, especially in the southwest, and men should have more whole grain intake than women to reduce the death risk in patients with T2DM.

【**Key words**】 Whole grain; Diabetes, type 2; Death burden; Geographical distribution

Fund program: National Key Research and Development Program of China (2018YFC1315303)

全谷物是获取能量的食物来源之一，既可以是完整的谷物籽粒，也可以是碾磨、粉碎、压片等简单处理后的产品，保留了完整谷粒所具备的胚乳、胚芽和麸皮及营养成分，具有良好的营养价值和生物活性特征，富含纤维、抗氧化剂和植物化学物等[1]。《中国居民膳食指南（2022）》建议健康成年人全谷物摄入量应为50~150 g/d[2]。然而，1982−2012年中国成年人全谷物摄入水平达到膳食指南最低推荐值的比例呈显著下降趋势[3]，2015年我国城乡居民平均每标准人日全谷物摄入量为20.3 g[4]，远低于膳食指南推荐量。此外，全球疾病负担研究（GBD）结果显示，中国因不合理膳食导致的疾病高死亡率中全谷物摄入不足位列第二[5]。流行病学研究表明，增加全谷物摄入可以降低总死亡率和特定疾病死亡率[6]。随着城镇化进程和人口老龄化，我国成年人的糖尿病患病率快速增加，由糖尿病导致的死亡人数也在不断攀升[7-8]。2017年和1982− 2012年GBD的调查均显示，全谷物摄入不足是心血管疾病和2型糖尿病（T2DM）死亡的危险因素，且存在人群和地区差异[3,7,9]。目前尚无针对我国不同区域

居民全谷物摄入不足对T2DM死亡归因风险的研究，本研究利用全国性监测数据，估计我国2005-2018年七大区域≥20岁成年人全谷物摄入水平及变化趋势，并结合中国居民死因登记报告信息分析各大区域全谷物摄入不足导致T2DM死亡的疾病负担，为各地T2DM防控及卫生资源配置提供科学依据。

资料与方法

1. 数据来源：全谷物摄入水平数据来源于2002年和2010-2012年中国居民营养与健康状况监测、2015年中国成人慢性病与营养监测数据；T2DM死亡数据来源于中国CDC死因登记报告信息系统；全谷物摄入不足导致T2DM的*RR*值来源于GBD已发表的文献[5]。人口数据来源于国家统计局[10]。

2. 全谷物摄入水平：本研究选择≥20岁具有完整的膳食记录的成年居民作为研究对象。全谷物摄入水平数据采用3次全国性调查中食物频率调查数据，包括过去一年内各种食物摄入频率和平均每次摄入量。全谷物暴露水平介于0~200 g/d，摄入量超过最大值按最大值赋值。摄入量数据以每5岁一组划分，用第六次全国人口普查数据进行加权，计算各年份、各区（县）、不同性别、年龄人群全谷物摄入量的均值和标准差。

（1）非调查点全谷物摄入水平：采用普通克里金插值方法，利用调查点全谷物摄入水平数据，在区（县）水平上对非调查点进行估计。分年份、分区（县）对不同年龄、性别人群全谷物摄入水平进行克里金插值，可以得到2002、2010-2012、2015年各区（县）不同年龄组、性别人群全谷物暴露水平估计值。插值后存在有区（县）全谷物暴露数据缺失或行政区划出现变更的均采用相邻的点填补。

（2）非调查年全谷物摄入水平：以年为自变量，对克里金插值后的全谷物摄入量数据用当年各地区人口数进行加权，求得各省份、各年龄组人群全谷物暴露水平作为因变量，分年龄、分性别以邻近两点建立全谷物暴露水平的线性回归模型，计算未调查年份的膳食暴露水平。采用局部加权回归模型，对线性回归建模后的全谷物暴露数据进行平滑处理，最终得到2005-2018年各省份不同年龄组、不同性别的全谷物暴露水平估计值。

（3）七大区域全谷物摄入水平：本研究中七大区域分为华北、东北、华中、华东、西北、华南和西南地区[11]。以人口数据进行加权，汇总得到各年份不同性别七大区域全谷物摄入水平。

3. 全谷物摄入不足导致T2DM死亡的归因风险：

（1）糖尿病死亡数据：采用GBD对中国疾病负担的估计方法[12]，通过构建统计模型估计我国不同年份、地区、年龄组和性别的人群T2DM死亡数。

（2）全谷物摄入不足与T2DM的*RR*值：GBD通过大量文献综述得出全谷物摄入不足与T2DM 20~、25~、30~、35~、40~、45~、50~、55~、60~、65~、70~、75~、80~岁年龄组的*RR*值依次为1.231、1.231、1.226、1.220、1.208、1.189、1.172、1.156、1.139、1.125、1.111、1.095、1.064[13]。

（3）全谷物摄入不足对死亡的归因风险：全谷物摄入量的理论最小风险暴露水平为125 g/d。归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡人数=PAF×$n_{\text{T2DM死亡人数}}$，具体计算方法见文献[3,14]。归因死亡率为T2DM归因于全谷物摄入不足的死亡人数占相应人群总人口数的比例，用2010年我国第六次人口普查数据对归因死亡率进行标化。其中，PAF计算公式：

$$\mathrm{PAF}=\frac{\int_{x=0}^{m} RR(x)P(x)dx-\int_{x=0}^{m} RR(x)P'(x)dx}{\int_{x=0}^{m} RR(x)P(x)dx}$$

式中，$RR(x)$为全谷物暴露水平的相对危险度，$P(x)$为根据全谷物暴露水平均值和标准差确定的正态分布，m为全谷物最大暴露水平，$P'(x)$为全谷物理论最小风险暴露分布。

4. 统计学分析：采用SAS 9.4、R 4.1.2和ArcGIS 10.7软件进行数据清理和分析，全谷物摄入水平用$\bar{x}\pm s$描述，用PAF、死亡人数和标化死亡率来分析全谷物摄入不足对T2DM的死亡归因风险。

结　果

1. 全谷物摄入情况：2002、2010-2012和2015年全国≥20岁人群全谷物摄入量依次为19.0、14.3和19.8 g/d。2002-2015年全国全谷物摄入水平上升4.2%，其中男性下降3.5%，女性上升12.2%；西南、东北和华南地区全谷物摄入量水平依次下降72.4%、29.8%和29.4%，其他地区均呈现上升趋势。见表1。

表1　2002、2010-2012和2015年我国七大区域≥20岁人群全谷物摄入水平

区域	2002年(g/d, $\bar{x}\pm s$)			2010-2012年(g/d, $\bar{x}\pm s$)			2015年(g/d, $\bar{x}\pm s$)			2002-2015年变化率(%)		
	男性	女性	合计	男性	女性	合计	男性	女性	合计	男性	女性	合计
华北	43.1±1.8	38.9±1.4	41.0±1.1	34.2±0.8	32.3±0.9	33.3±0.6	41.7±1.8	43.2±1.6	42.4±1.2	-3.2	11.1	3.4
东北	30.3±0.7	26.1±0.7	28.2±0.5	29.7±1.4	26.2±1.7	27.9±1.1	18.4±1.2	21.3±1.0	19.8±0.8	-39.3	-18.4	-29.8
华东	8.0±0.7	7.7±0.7	7.9±0.5	11.7±1.1	11.9±1.0	11.8±0.7	18.2±1.8	20.0±1.8	19.1±1.3	127.5	159.7	141.8
华中	20.0±2.7	18.1±2.4	19.1±1.8	11.4±1.6	10.6±1.4	11.0±1.0	20.3±2.7	21.2±2.7	20.7±1.9	1.5	17.1	8.4
华南	11.5±1.4	10.2±1.2	10.9±0.9	5.0±0.3	5.5±0.3	5.2±0.2	7.6±0.2	7.8±0.2	7.7±0.2	-33.9	-23.5	-29.4
西南	21.7±0.9	20.3±0.8	21.0±0.6	5.2±0.2	5.5±0.3	5.3±0.2	5.7±0.3	5.9±0.3	5.8±0.2	-73.7	-70.9	-72.4
西北	26.7±1.1	23.7±0.9	25.3±0.7	15.5±0.6	15.2±0.6	15.3±0.4	29.7±1.9	27.0±1.7	28.4±1.3	11.2	13.9	12.3
合计	20.0±0.8	18.1±0.7	19.0±0.5	14.6±0.6	14.1±0.6	14.3±0.4	19.3±0.9	20.3±0.8	19.8±0.6	-3.5	12.2	4.2

对我国七大区域2005-2018年全谷物摄入水平进行估计，2018年估计的我国居民全谷物摄入水平为20.1 g/d，其中男性为19.4 g/d，女性为20.8 g/d；华北地区全谷物摄入水平最高(47.4 g/d)，其次是西北地区(36.0 g/d)，西南地区全谷物摄入水平最低(6.0 g/d)。2005-2018年全谷物摄入水平上升23.1%，其中男性上升13.5%，女性上升33.9%；七大区域男性和女性全谷物摄入量变化趋势一致。2018年，西北地区男性全谷物摄入水平高于女性(男性38.3 g/d，女性33.7 g/d)，其余区域女性摄入水平均高于男性，其中东北(男性13.3 g/d，女性18.3 g/d)和华北(男性45.4 g/d，女性49.4 g/d)地区女性摄入水平显著高于男性。见图1。

2. 归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡PAF：全国全谷物摄入不足导致T2DM死亡的PAF从2005年的19.9%下降到2018年的17.2%。2018年我国七大区域中华北地区PAF最低，西南地区最高，分别为12.8%和19.3%。2005-2018年七大区域PAF变化不同，东北地区PAF在18.5%左右波动；其他地区均呈现下降趋势，华北和西北地区呈现明显的下降趋势，分别下降26.4%和21.2%。见图2。

3. 归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡人数和标化归因死亡率：2005-2018年，我国归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡人数呈现逐年增加的趋势，由2005年的2.67万增加到2018年的4.10万，年平均增长率为4.1%。2018年男女性归因死亡人数分别为2.10万和2.00万，2005-2018年男女性归因死亡人数均呈现上升趋势，年平均增长率分别为5.2%和3.2%，男性增长幅度大于女性；七大区域中华南地区年平均增长率最高(6.7%)，华北地区最低(2.4%)。见图3。

2018年，我国居民全谷物摄入不足的T2DM标化归因死亡率为3.13/10万。其中，男性为3.21/10万，女性为3.05/10万；2018年较2005年男性上升11.5%，女性下降8.1%。2018年，西南、东北、华南、华中、华东、西北和华北地区标化归因死亡率从高到低依次为：3.97/10万、3.42/10万、3.36/10万、3.22/10万、3.15/10万、3.08/10万和1.78/10万。不同区域2005-2018年标化归因死亡率变化情况不同，其中西南、华南和华中地区依次上升23.7%、21.3%和4.2%，华北、西北、华东和东北地区依次下降20.9%、11.0%、4.5%和3.9%。

2018年不同地区男性标化归因死亡率中，华

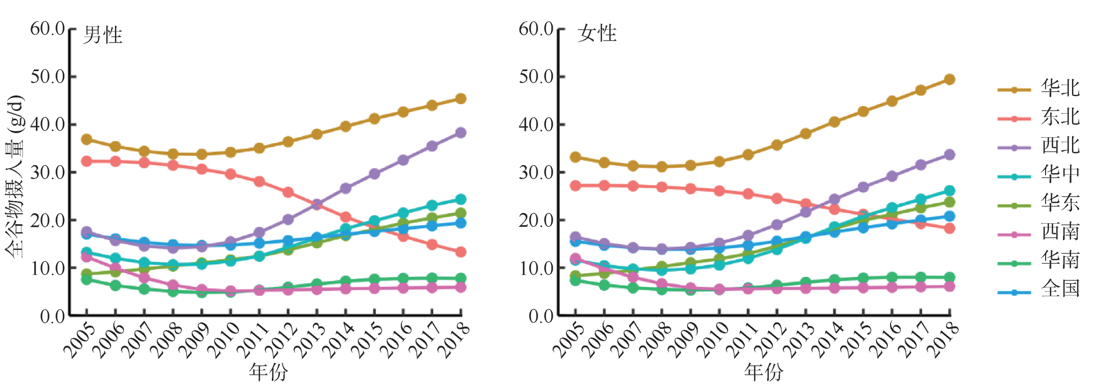

图1　2005-2018年我国七大区域不同性别≥20岁人群全谷物摄入水平变化趋势

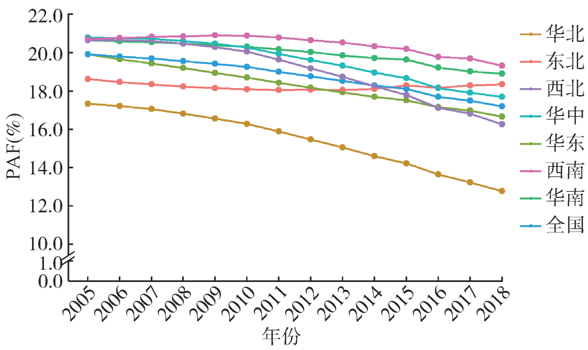

图2 2005-2018年我国七大区域归因于全谷物摄入不足的2型糖尿病死亡人群归因分值(PAF)

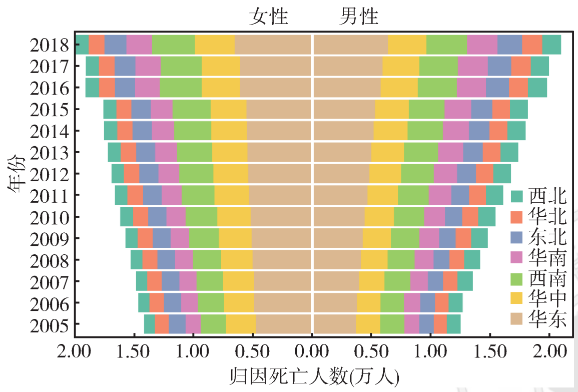

图3 2005-2018年我国七大区域归因于全谷物摄入不足的2型糖尿病死亡人数

北地区最低(1.95/10万)。2005-2018年,华北和西北地区男性标化归因死亡率分别下降8.9%和5.5%,其他地区均呈现上升趋势,华南和西南地区增幅较大,分别上升29.2%和23.2%。2018年华北地区女性标化归因死亡率仍为最低(1.59/10万),西南地区标化归因死亡率较高(4.14/10万)。2005-2018年西南和华南地区女性标化归因死亡率呈现上升趋势,分别上升24.0%和13.3%;其他地区女性标化归因死亡率呈现下降趋势,华北和东北地区下降幅度较大,分别下降32.6%和22.3%。见图4。

讨 论

全谷物中含诸多营养物质和植物化学物,包括膳食纤维、维生素、矿物质、酚类化合物、植酸盐和植物雌激素等,对预防癌症、心血管疾病、T2DM和肥胖的发生发展发挥重要的作用[15]。许多国家和组织对全谷物摄入量均有推荐,《中国居民膳食指南(2022)》建议,我国居民每天摄入谷类食物200~300 g,其中全谷物为50~150 g[2]。美国膳食指南推荐每日全谷物摄入量应>3盎司当量(约48 g)[16],以降低T2DM、肥胖和心脏病等慢性病风险。联合国粮农组织/WHO指出,定期食用全麦谷物等可以降低饮食和营养相关非传染性疾病风险[17]。

本研究利用中国居民营养与健康状况监测、中国成人慢性病与营养监测数据,通过普通克里金插值和局部加权回归的方法,估计2005-2018年我国七大区域男女性全谷物摄入水平以及变化趋势。本研究发现,我国人群全谷物摄入水平低,2005-2018年人群全谷物摄入水平虽呈现波动上升趋势,但全谷物摄入水平最高的2018年摄入量也仅为23.51 g/d,未达到膳食指南推荐标准。既往研究显示,1982-2012年我国成年人群全谷物摄入量达到膳食指南推荐量的比例呈显著下降趋势[3],2018年成年人群平均每日摄入量超过膳食指南最低推荐量的比例不足20%[4]。美国居民全谷物摄入量也远低于推荐水平。2001-2012年美国健康和营养调查结果显示,2001-2002年成年人平均每天消耗0.72盎司当量(约11.5 g)全谷物,2011-2012年平均每天消耗0.97盎司当量(约15.5 g),虽然呈升高趋势,但2011-2012年,只有不足8%的成年人达到了全谷物推荐摄入量[18]。中国居民心血管疾病危险因素分布报告表明全谷物摄入量呈现出明显的地区差异[11],本研究同样显示我国≥20岁

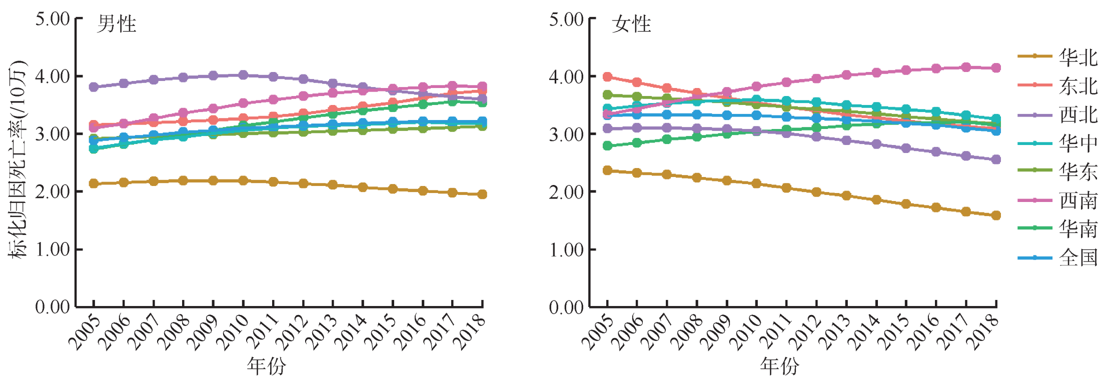

图4 2005-2018年我国七大区域归因于全谷物摄入不足的2型糖尿病标化归因死亡率

人群全谷物摄入水平存在区域特征，2018年华北地区全谷物摄入水平最高（47.4 g/d），西南地区最低（6.0 g/d）。

全谷物摄入水平影响胰岛素和葡萄糖反应，全谷物和富含膳食纤维的饮食可以通过多种机制对糖尿病进行保护，包括减少能量摄入和直接影响胰岛素水平[19]。与精制谷物相比，摄入全谷物类食物能够显著改善餐后血糖波动，维持胰岛素稳态[20]。多项科学研究表明，全谷物摄入水平与多种疾病相关，尤其是与T2DM的发生风险之间存在明显负相关[21]，且全谷物摄入不足会导致心血管疾病和糖尿病死亡风险增加[7]。主食摄入量一定的情况下，增加全谷物的摄入，可以降低精制谷物摄入对糖尿病患者血糖波动的影响。

2019年全球约有4.63亿20~79岁的成年人（占成年人口的8.8%）患有糖尿病，超过400万人死于糖尿病[22]。对我国98 058名成年人进行调查发现，各地区糖尿病患病率为8.3%~12.7%[23]，且呈现逐年递增的趋势，糖尿病死亡风险也逐渐趋于年轻化[24-25]。GBD2016显示，全谷物摄入不足是除高BMI外，最主要的导致我国居民糖尿病死亡的危险因素[9]。本研究证实2018年我国归因于全谷物摄入不足的糖尿病死亡PAF为17.2%，且全谷物摄入水平对糖尿病死亡的影响存在地区间差异。华北和西北地区人群全谷物摄入不足导致T2DM死亡PAF下降幅度较大，两个地区归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡人数在七大区域中占比低，标化死亡率也呈现下降趋势，与其全谷物摄入水平高且上升幅度大有关。西南和华南地区全谷物摄入水平呈现下降趋势，而男性和女性归因于全谷物摄入不足T2DM死亡PAF较高，且标化死亡率呈现上升趋势，建议重点关注这两个地区全谷物摄入情况，进一步提高人群摄入水平。华东地区归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡人数最多，标化死亡率处于全国平均水平，与华东地区T2DM死亡人数多有关，提示应提高对华东地区T2DM患者防治的关注。

本研究存在局限性。首先，本研究数据来自全国性的监测数据，各年份分省份全谷物摄入水平和糖尿病死亡数据均是用调查年份监测点的数据估计而来，由于调查年份较少且监测点在各省份分布不均，在使用模型估计时，结果可能存在一定偏差，但已有研究证实普通克里金插值方法可用于对膳食摄入量估算[26]，GBD估计方法也广泛应用于疾病死亡数据的估计[12]；其次，全谷物类食物是一类食物的统称，本研究未对各类食物进行描述、分析和讨论，无法确定哪一种食物对糖尿病死亡风险最高；第三，本研究采用GBD2017的*RR*值，可能与我国人群实际情况存在差异，一定程度上影响了结果的准确性，今后研究可以探索我国人群的*RR*值。

综上所述，2005–2018年我国居民全谷物摄入水平低，居民归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡人数增幅较大。2018年七大区域归因于全谷物摄入不足的T2DM死亡风险差别大，西南地区PAF、标化归因死亡率均较其他地区高且呈上升趋势，男性较女性T2DM归因于全谷物摄入不足标化死亡率更高。建议在全国各大区域内均倡导平衡膳食、增加居民全谷物的摄入，尤其是西南地区，男性较女性更应增加全谷物摄入，以减少T2DM患者的死亡风险。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 连怡遥、房玥晖：实施研究、采集数据、分析数据、论文撰写；何宇纳：研究指导、数据分析、论文修改；殷鹏、赵振平：采集数据、论文评阅；方柯红：分析数据

参 考 文 献

[1] Călinoiu LF, Vodnar DC. Whole grains and phenolic acids:a review on bioactivity, functionality, health benefits and bioavailability[J]. Nutrients, 2018, 10(11): 1615. DOI: 10.3390/nu10111615.

[2] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2022)[M]. 北京:人民卫生出版社, 2022.

[3] He YN, Li YP, Yang XG, et al. The dietary transition and its association with cardiometabolic mortality among Chinese adults, 1982-2012: a cross-sectional population-based study[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2019, 7(7): 540-548. DOI:10.1016/S2213-8587(19)30152-4.

[4] 中国营养学会. 中国居民膳食指南科学研究报告(2021)[M]. 北京:人民卫生出版社, 2021.

[5] GBD 2017 Diet Collaborators. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2019, 393(10184):1958-1972. DOI:10.1016/S0140-6736(19)30041-8.

[6] Jacobs DR, Meyer KA, Kushi LH, et al. Is whole grain intake associated with reduced total and cause-specific death rates in older women? The Iowa women's health study[J]. Am J Public Health, 1999, 89(3): 322-329. DOI: 10.2105/AJPH.89.3.322.

[7] Zhou MG, Wang HD, Zeng XY, et al. Mortality, morbidity, and risk factors in China and its provinces, 1990 – 2017:a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2019, 394(10204):1145-1158. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30427-1.

[8] Wang LM, Peng W, Zhao ZP, et al. Prevalence and Treatment of Diabetes in China, 2013-2018[J]. JAMA,

2021, 326(24): 2498-2506. DOI:10.1001/jama.2021.22208.

[9] Liu M, Liu SW, Wang LJ, et al. Burden of diabetes, hyperglycaemia in China from to 2016: findings from the 1990 to 2016, global burden of disease study[J]. Diabetes Metab, 2019, 45(3):286-293. DOI:10.1016/j.diabet.2018.08.008.

[10] 国务院人口普查办公室, 国家统计局人口和就业统计司. 中国2010年人口普查资料[M]. 北京:中国统计出版社, 2012.
Census Office of the State Council, Department of Population and Employment Statistics, National Bureau of Statistics. Tabulation on the 2010 population census of the People's Republic of China[M]. Beijing:China Statistics Press, 2012.

[11] 吴超群, 李希, 路甲鹏, 等. 中国居民心血管疾病危险因素分布报告[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(1): 4-13. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2021.01.002.
Wu CQ, Li X, Lu JP, et al. Report on geographical disparity of cardiovascular risk factors in China[J]. Chin Circ J, 2021, 36(1): 4-13. DOI: DOI: 10.3969/j. issn. 1000-3614.2021.01.002.

[12] GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019:a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. Lancet, 2020, 396(10258):1223-1249. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2.

[13] GBD 2017 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980 – 2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2018, 392(10159):1736-1788. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32203-7.

[14] 杨静, 殷鹏, 曾新颖, 等. 2006-2016年中国室外空气污染的归因死亡分析[J]. 中华流行病学杂志, 2018, 39(11): 1449-1453. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 0254-6450.2018.11.006.
Yang J, Yin P, Zeng XY, et al. Deaths attributed to ambient air pollution in China between 2006 and 2016[J]. Chin J Epidemiol, 2018, 39(11):1449-1453. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.11.006.

[15] Slavin J. Why whole grains are protective: biological mechanisms[J]. Proc Nutr Soc, 2003, 62(1):129-134. DOI: 10.1079/PNS2002221.

[16] US Department of Agriculture and US Department of Health and Human Services. Dietary guidelines for Americans, 2020-2025[M]. Washington, DC: US Government Publishing Office, 2020.

[17] Nishida C, Martinez Nocito F. FAO/WHO Scientific Update on carbohydrates in human nutrition:introduction[J]. Eur J Clin Nutr, 2007, 61 Suppl 1: S1-4. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1602935.

[18] Albertson AM, Reicks M, Joshi N, et al. Whole grain consumption trends and associations with body weight measures in the United States: results from the cross sectional National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2012[J]. Nutr J, 2015, 15: 8. DOI: 10.1186/s12937-016-0126-4.

[19] Ye EQ, Chacko SA, Chou EL, et al. Greater whole-grain intake is associated with lower risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease, and weight gain[J]. J Nutr, 2012, 142(7):1304-1313. DOI:10.3945/jn.111.155325.

[20] Marventano S, Vetrani C, Vitale M, et al. Whole grain intake and glycaemic control in healthy subjects: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Nutrients, 2017, 9(7): 769. DOI: 10.3390/nu9070769.

[21] Schulze MB. Fiber and magnesium intake and incidence of type 2 diabetes[J]. Arch Intern Med, 2007, 167(9):956. DOI:10.1001/archinte.167.9.956.

[22] Saeedi P, Salpea P, Karuranga S, et al. Mortality attributable to diabetes in 20-79 years old adults, 2019 estimates: results from the international diabetes federation diabetes atlas, 9th edition[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2020, 162: 108086. DOI: 10.1016/j. diabres. 2020.108086.

[23] Zhou MG, Astell-Burt T, Bi YF, et al. Geographical variation in diabetes prevalence and detection in China: multilevel spatial analysis of 98 058 adults[J]. Diabetes Care, 2015, 38(1):72-81. DOI:10.2337/dc14-1100.

[24] 桑祎莹, 易静, 汪洋. 中国城乡2003-2017年糖尿病死亡趋势的JoinPoint回归分析[J]. 中国预防医学杂志, 2020, 21(7):744-748. DOI:10.16506/j.1009-6639.2020.07.005.
Sang YY, Yi J, Wang Y. JoinPoint regression analysis on death trends of patients with diabetes in urban and rural areas of China in 2003-2017[J]. Chin Prev Med, 2020, 21(7):744-748. DOI:10.16506/j.1009-6639.2020.07.005.

[25] 胡如英, 费方荣, 潘劲, 等. 糖尿病患病和死亡对浙江省居民健康期望寿命的影响[J]. 中华流行病学杂志, 2017, 38(6): 779-783. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 0254-6450.2017.06.018.
Hu RY, Fei FR, Pan J, et al. Impact of diabetes prevalence and mortality on health life expectancy among residents in Zhejiang province[J]. Chin J Epidemiol, 2017, 38(6): 779-783. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.06.018.

[26] 方柯红, 房玥晖, 连怡遥, 等. 不同空间插值方法在钠摄入量估算中的应用[J]. 卫生研究, 2021, 50(2):217-222. DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2021.02.009.
Fang KH, Fang YH, Lian YY, et al. Application of different spatial interpolation methods in sodium intake estimation [J]. J Hyg Res, 2021, 50(2):217-222. DOI:10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2021.02.009.